

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 44 34 577 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 02 P 8/00  
H 02 K 37/00

21 Aktenzeichen: P 44 34 577.1  
22 Anmeldetag: 28. 9. 94  
43 Offenlegungstag: 4. 4. 96

71 Anmelder:  
Precision Motors Deutsche Minebea GmbH, 78549  
Spaichingen, DE  
74 Vertreter:  
Riebling, P., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 88131  
Lindau

72 Erfinder:  
Hans, Helmut, Dr.-Ing., 78112 St. Georgen, DE;  
Heide, Johann von der, Dipl.-Ing., 78713  
Schramberg, DE; Wünsch, Eberhard, Dipl.-Ing.,  
78098 Triberg, DE

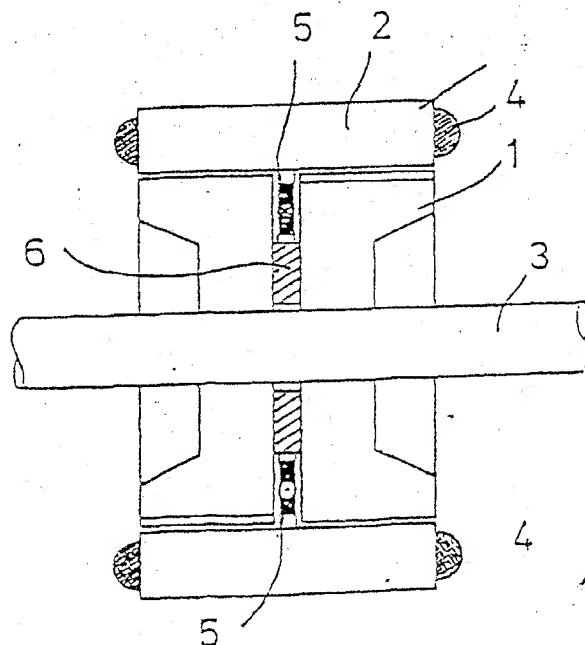
55 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 28 37 187 C2  
DE-AS 11 90 401  
DE-AS 10 60 327  
US 35 00 103  
EP 02 52 011 A1

HIGUCHI, Toshiro: Closed Loop Control Of PM Step  
Motors By Sensing Back EMF. In: Proc. 11th Ann.  
Symp. on Incremental Motion Control Systems and  
Devices Champaign, 1982, S.289-294;  
HOPPER, Edward: Der Anwendungsfall entscheidet:  
Encoder oder Resolver. In: Industrie-elektrik +  
elektronik, 30.Jg. 1985, Nr.9, S.59-69;

54 Sensor-Schrittmotor

57 Die vorliegende Erfindung beschreibt einen Schrittmotor,  
mit einem Rotor (1) und einem Stator (2) und Statorwicklun-  
gen (4), wobei zur Kontrolle der Schrittfolge und Schrittwin-  
kelgenauigkeit eine Sensorwicklung (5) vorgesehen ist, die  
fest mit dem Stator (2) verbunden ist.



DE 44 34 577 A 1

DE 44 34 577 A 1

## Beschreibung

Bei einem Schrittmotor (Stepper) muß das mechanische System recht genau sein, damit die Schrittwinkelgenauigkeit gut ist, das heißt, insbesondere die Zähne der Statorbleche und die Zähne des Rotors müssen mechanisch genau sein. Um die Schrittwinkelgenauigkeit bzw. den Ausfall einzelner Schritte zu überprüfen und gegebenenfalls nachzuregulieren, werden z. B. optische Sensorsysteme verwendet, die die Einhaltung des Schrittwinkels überprüfen. Diese Sensoren verursachen einen erheblichen Aufwand, da die Systeme mindestens die gleichen Genauigkeit aufweisen müssen, wie das mechanische System, um Abweichungen des Schrittwinkels zu erkennen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Schrittmotor mit einem Sensorsystem vorzuschlagen, welches unter Ausnutzung der ohnehin schon vorhandenen mechanischen Genauigkeit des Schrittmotors eine Überwachung der Schrittwinkelgenauigkeit bzw. des Ausfalls einzelner Schritte ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 genannten Merkmal gelöst.

Wesentliches Merkmal der Erfindung ist es, daß nun im Motor selbst ein Sensorsystem in Form einer ringförmigen Wicklung vorgesehen ist. Diese Wicklung kann an unterschiedlichen Stellen des Steppers, z. B. im Rotor oder Stator angeordnet sein. Vorzugsweise verläuft diese Wicklung orthogonal zu den Phasenwicklungen, da sich dadurch die beste Genauigkeit und der stärkste Signalpegel ergibt. Natürlich kann die Wicklung, falls notwendig, auch in einem gewissen Grad von der rechtwinkligen Anordnung gegenüber den Phasenwicklungen abweichen.

Erfindungsgemäß ist die Sensorwicklung in einem gewöhnlichen Stepper zusätzlich in den Rotor zwischen den beiden Stackhälften eingebaut. Die Wicklung ist fest mit der Innenseite des Stators verbunden und ragt in einen Spalt des Rotors, das heißt sie rotiert nicht mit.

Dabei gibt es einmal die Möglichkeit, diese Wicklung direkt als Sensorwicklung zu benutzen. Ein Teil des Statormagnetfeldes durchdringt über den Luftspalt und durch den Rotor diese Sensorwicklung. Die einzelnen Schritte des Steppers induzieren in der Sensorwicklung eine Spannung, die ein Abbild der einzelnen Schritte des Steppers darstellt. Die in der Sensorwicklung induzierte Spannung kann im einfachsten Fall über einen einfachen Filter und einen nachgeschalteten Komparator ausgewertet werden. Auf diese Weise kann man z. B. nur Erkennen, daß der Stepper "außer Tritt gefallen" ist. Es wäre auch denkbar, den Ausfall eines einzelnen Schrittes zu erkennen, jedoch wird hier der Filteraufwand für das Sensorsignal aufwendiger.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin die Sensorwicklung ähnlich einem Resolver als Erregerwicklung zu nutzen, das heißt man koppelt über diese Wicklung eine Wechselspannung (z. B. 10–15 Kilohertz) in den Rotor und über den Luftspalt in die Statorwicklungen ein. Dieses "höherfrequente Signal" kann jetzt in den Statorwicklungen ausgewertet werden, um die Lage des Steppers zu erkennen. Diese Methode erfordert aber gegenüber der oben beschriebenen Methode einen relativ großen, elektronischen Aufwand, ähnlich einer Resolverauswerteschaltung.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, die ringförmige Sensorwicklung nicht in den Rotor hineinragen zu lassen, sondern im Bereich des Stators anzuordnen.

Hierbei kann die Sensorwicklung z. B. außen, in der Mitte oder nahe des Rotors im Stator angeordnet sein. Auch hier wird bei Schrittbetrieb eine Spannung in der Sensorwicklung induziert, jedoch ist die Signalthöhe geringer, als bei Anordnung der Wicklung im Rotorspalt, und das Signal insgesamt dadurch "verrauschter". Da der Signalverlauf derselbe ist, wie bei der Rotoranordnung, können die Signal auch in gleicher Weise ausgewertet werden.

Es ist also möglich, diese Sensorwicklung prinzipiell also innerhalb des Rotors oder des Stators anzuordnen, jedoch muß diese Wicklung rechtwinklig (zumindest in einem gewissen Grade) zu den Phasenwicklungen angeordnet sein.

Im folgenden wird die Erfindung anhand zwei Ausführungsbeispiele darstellende Zeichnungen erläutert.

Dabei zeigen

Fig. 1 eine erste Ausführungsform der Sensorwicklung, angeordnet im Rotor des Steppers,

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform der Sensorwicklung, angeordnet im Stator des Steppers,

Fig. 3 Darstellung des Sensorsignals bei kleiner Last des Motors,

Fig. 4 Darstellung des Sensorsignals bei großer Last des Motors,

Fig. 5 Darstellung des Sensorsignals bei zu großer Last des Motors,

Fig. 6 Darstellung des Sensorsignals bei Betriebsgrenzfrequenz des Motors.

Fig. 7 Meßdiagramm des Motors bei Betriebsgrenzfrequenz.

Die Fig. 1 und 2 zeigen die Anordnung der Sensorwicklung innerhalb des Schrittmotors. Man erkennt den Stator 2, in welchem sich die Achse 3 mit Rotor 1 dreht.

Weiterhin erkennt man die Statorwicklungen 4. In einer ersten Ausführungsform befindet sich nun die Sensorwicklung 5 innerhalb der beiden Hälften des Rotors 1, ragt also in den Spalt des Rotors hinein. Der Sensor 5 ist aber am Stator 2 befestigt, dreht sich also nicht mit.

Gemäß Fig. 2 ist die Sensorwicklung 5 nur im Bereich des Stators 2 angeordnet, in diesem Beispiel am äußeren Umfang des Stators 2. Es ist natürlich jede beliebige Position der Sensorwicklung, insbesondere auch am Innenumfang des Stators 2, denkbar.

Wichtig bei beiden Ausführungsformen ist, daß die Sensorwicklung 5 etwa rechtwinklig zu den Phasenwicklungen des Motors angeordnet ist und gut vom Magnetfeld durchdrungen wird.

Die Fig. 3 bis 7 zeigen verschiedene Meßdiagramme des Motors unter verschiedenen Belastungen und unterschiedlichen Betriebsfrequenzen. Dabei erkennt man im unteren Teil der Diagramme die Erregerspannung 7, das heißt die am Schrittmotortestgerät angelegte Schrittfolge-Frequenz. Im oberen Bereich der Diagramme erkennt man die Sensorausgangsspannung 8.

Fig. 3 zeigt den Betrieb des Steppers bei kleiner Last und kleiner Schrittfrequenz, etwa 100 Hertz. Dabei erkennt man, daß das Sensorsignal 8 dem Erregersignal 7 folgt, das heißt der Motor ist in Tritt. Wird die Last vergrößert, wie in Fig. 4 zu erkennen ist, kann man dem Sensorsignal 8 entnehmen, daß der Motor nach wie vor in Tritt ist.

Wird die Last noch mehr vergrößert, wie im Diagramm nach Fig. 5 dargestellt ist, so ist es dem Motor nicht mehr möglich, der angelegten Erregerfrequenz 7 zu folgen und der Motor gerät außer Tritt. Dies erkennt man nun deutlich am Verlauf des Sensorsignales 8, welches keine regelmäßige Ausgangsspannung mehr lie-

fert. Dieses unregelmäßige Sensorsignal ist mit geringem Aufwand relativ leicht auszuwerten, so daß entsprechende Maßnahmen gegen das "außer Tritt sein" des Motor ergriffen werden können.

Die Fig. 6 und 7 zeigen Meßdiagramme, welche das Verhalten des Motors bei Betriebsgrenzfrequenz zeigen. Die Betriebsgrenzfrequenz ist diejenige Schrittfrequenz, die dem Motor noch maximal zugemutet werden kann, ohne daß dieser außer Tritt gerät. Im Beispiel nach Fig. 6 ist die Betriebsgrenzfrequenz bei ca. 500 Hertz erreicht. Im unteren Teil des Diagrammes erkennt man wieder die Erregerfrequenz 7. Betrachtet man nun das Sensorausgangssignal 8, so wird deutlich, daß der Motor bei dieser Frequenz außer Tritt gerät. Bei geringer Belastung, wie bei der Messung nach Fig. 7, verarbeitet der Motor wesentlich höhere Schrittfrequenzen, so daß er, nach Fig. 7, erst bei ca. 5 Kilohertz außer Tritt gerät, wie das Sensorsignal 8 von Fig. 7 zeigt.

Durch die erfindungsgemäße Sensorwicklung ist es mit einfachen Mitteln möglich, das einwandfreie Arbeiten eines Steppers zu überprüfen.

#### Bezugszeichenliste

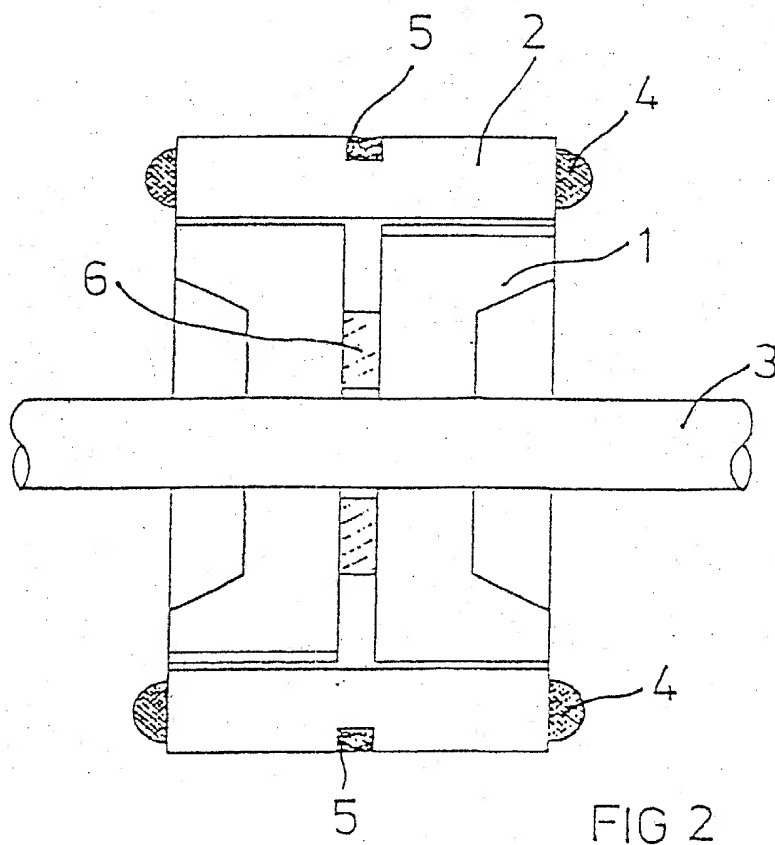
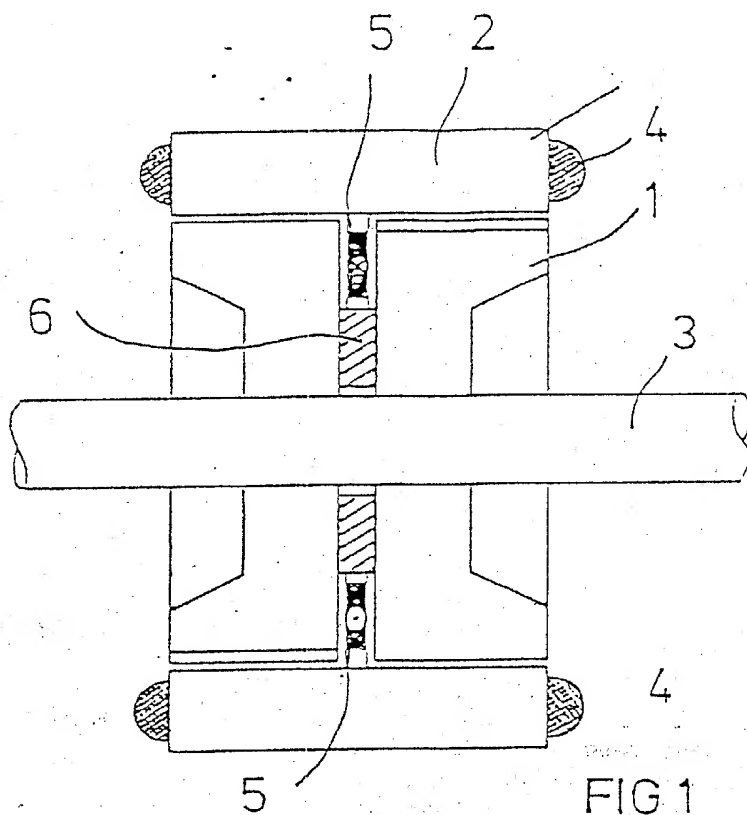
1 Rotor	25
2 Stator	
3 Achse	
4 Statorwicklung	
5 Sensorwicklung	
6 Magnet	30
7 Erregerspannung	
8 Sensorsignal	

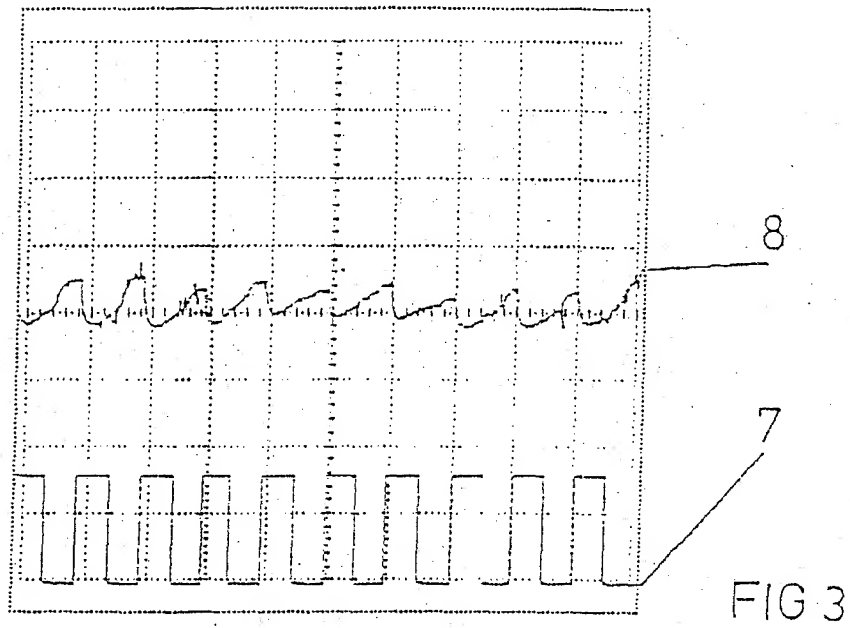
#### Patentansprüche

1. Schrittmotor mit einem Rotor (1) und einem Stator (2) mit Statorwicklungen (4), dadurch gekennzeichnet, daß der Schrittmotor eine Sensorwicklung (5) aufweist, die fest mit dem Stator (2) verbunden ist.
2. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorwicklung (5) etwa ringförmig ausgebildet ist.
3. Schrittmotor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorwicklung (5) etwa orthogonal zu den Statorwicklungen (4) angeordnet ist.
4. Schrittmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorwicklung (5) innerhalb des Rotors (1) angeordnet ist.
5. Schrittmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorwicklung (5) innerhalb des Stators (2) angeordnet ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

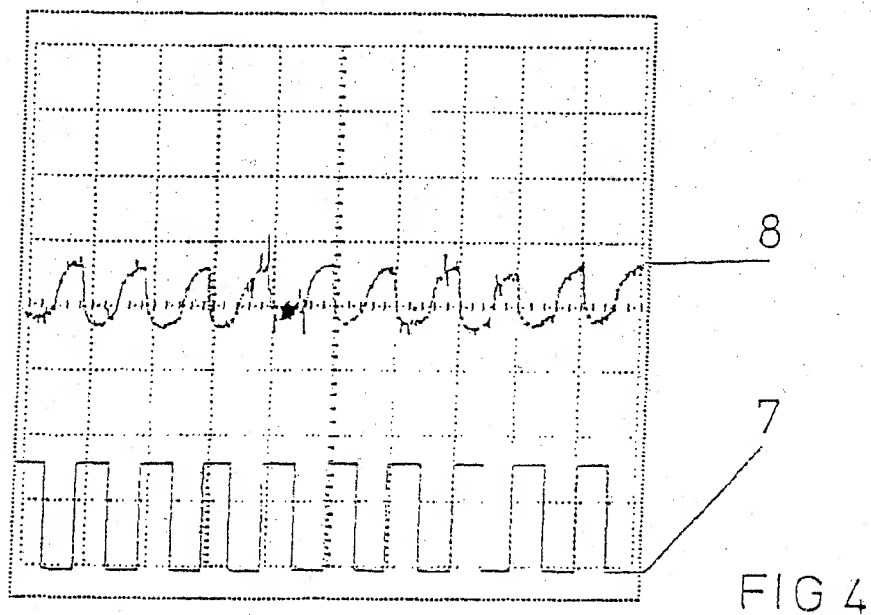
- Leerseite -





kleine Last  
(Der Polradwinkel ist klein.)  
Der Motor ist in Tritt.

Schritzfrequenz: ca. 100 Hz



große Last  
(Der Polradwinkel ist groß.)  
Der Motor ist in Tritt.

Schritzfrequenz: ca. 100 Hz

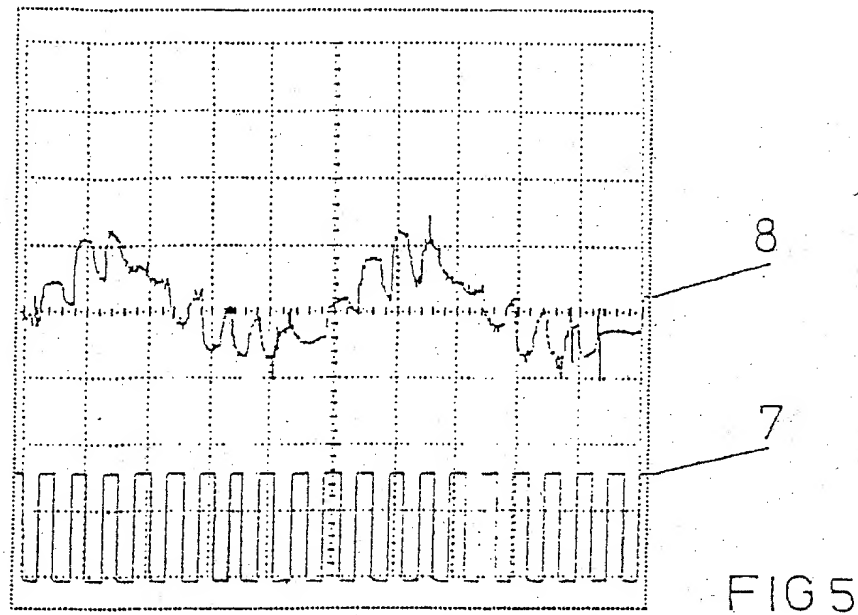


FIG 5

zu große Last  
Der Motor ist außer Tritt.

Schrittfrequenz: ca. 200 Hz

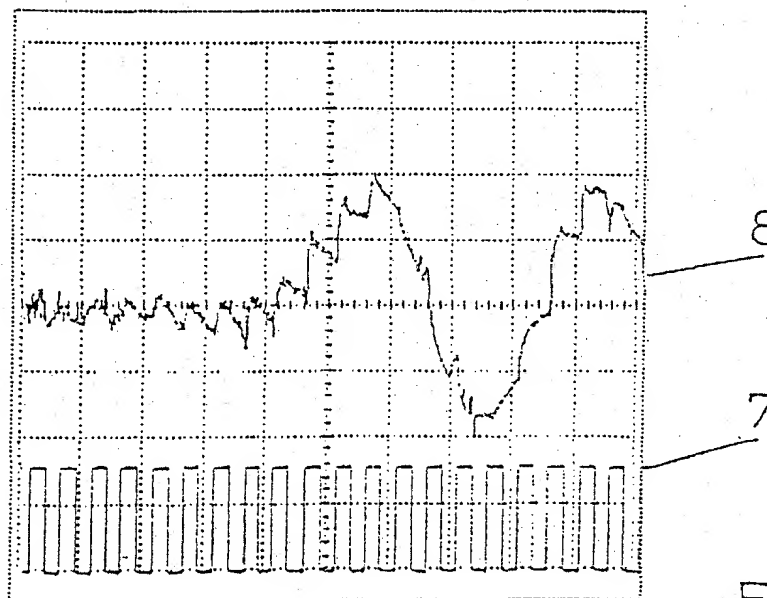


FIG 6

Transiente  
(Der Motor fällt außer Tritt.)

Schrittfrequenz: ca. 500 Hz

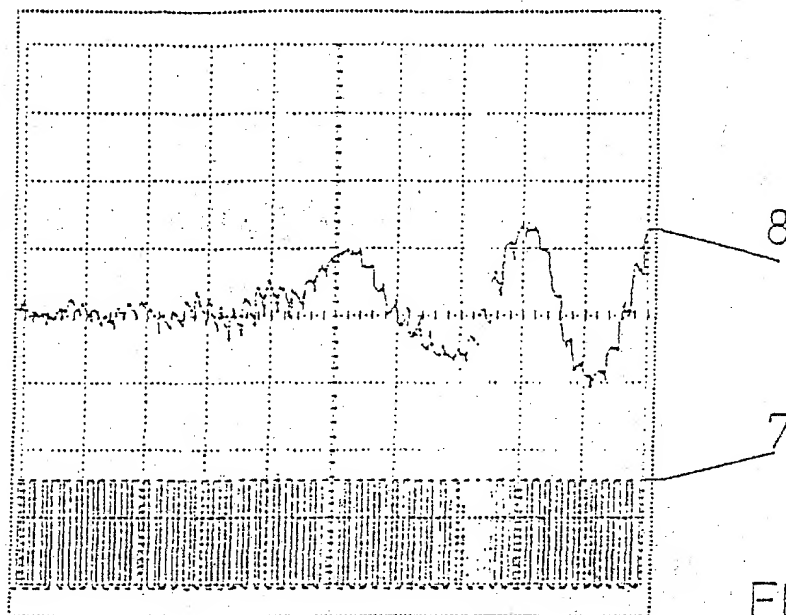
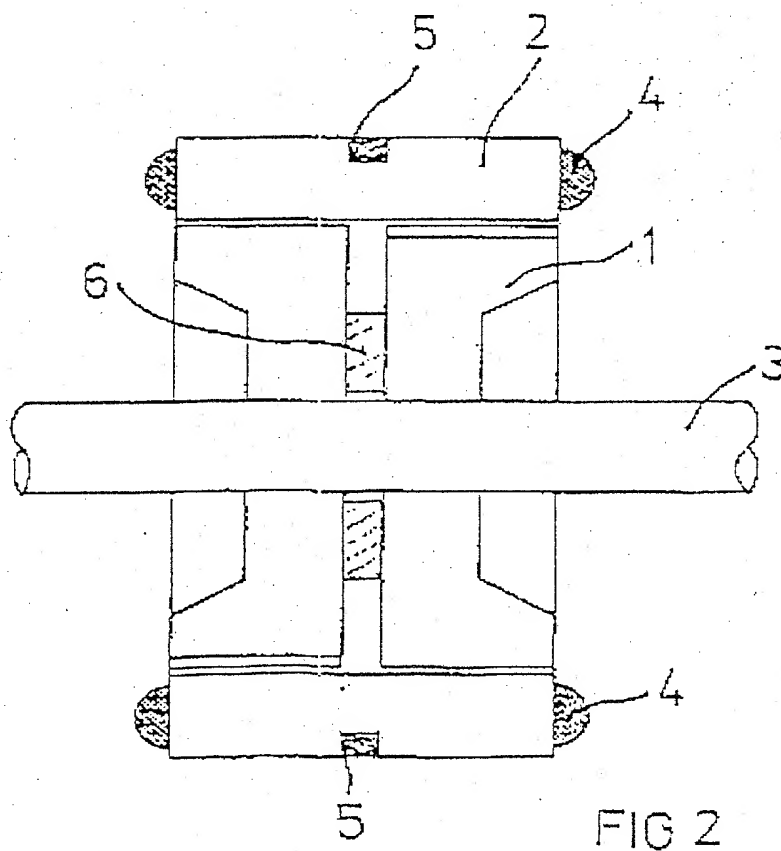
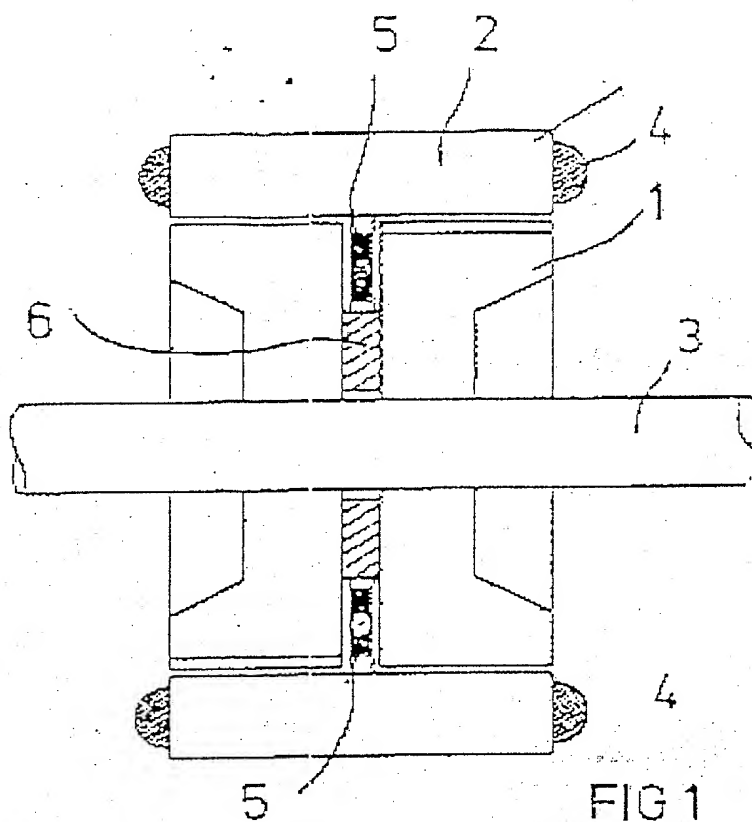


FIG 7

Transiente  
(Der Motor fällt außer Tritt)

Schrittfrequenz: ca. 5 kHz





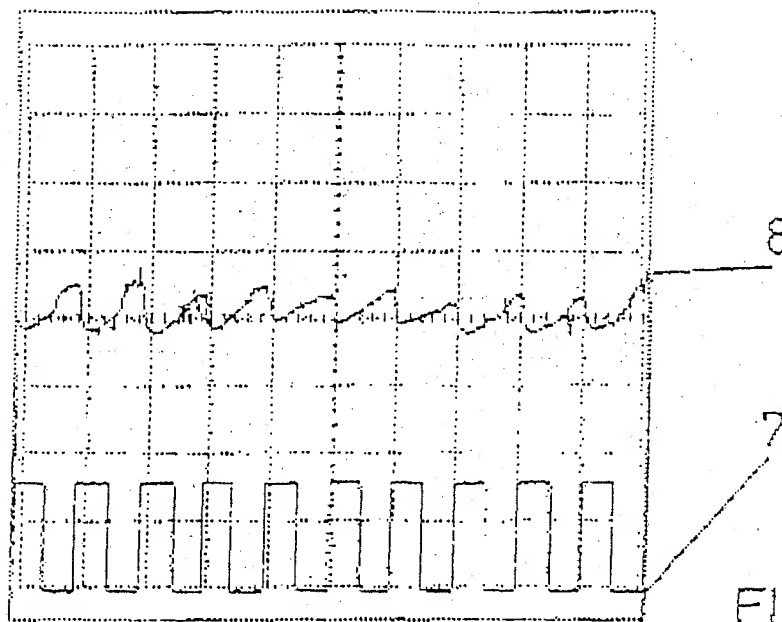


FIG 3

kleine Last  
(Der Polradwinkel ist klein.)  
Der Motor ist in Tritt.

Schritzfrequenz: ca. 100 Hz

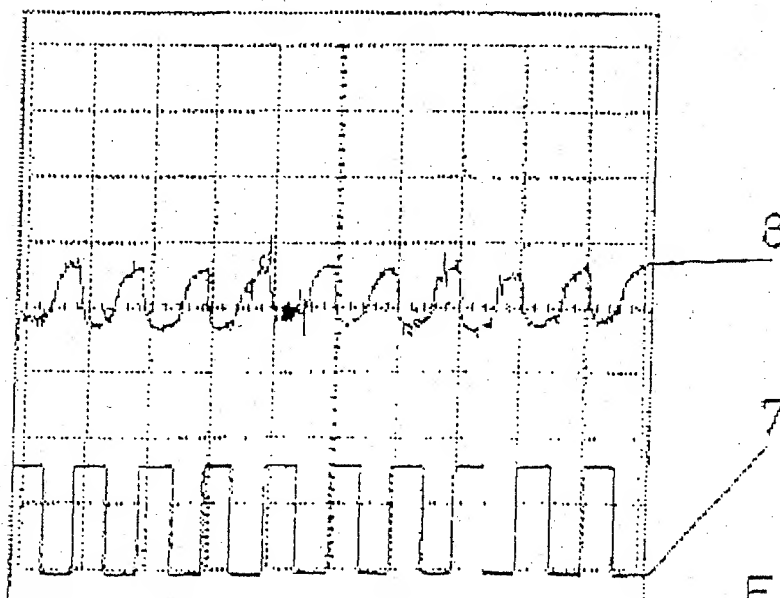


FIG 4

große Last  
(Der Polradwinkel ist groß.)  
Der Motor ist in Tritt.

Schritzfrequenz: ca. 100 Hz

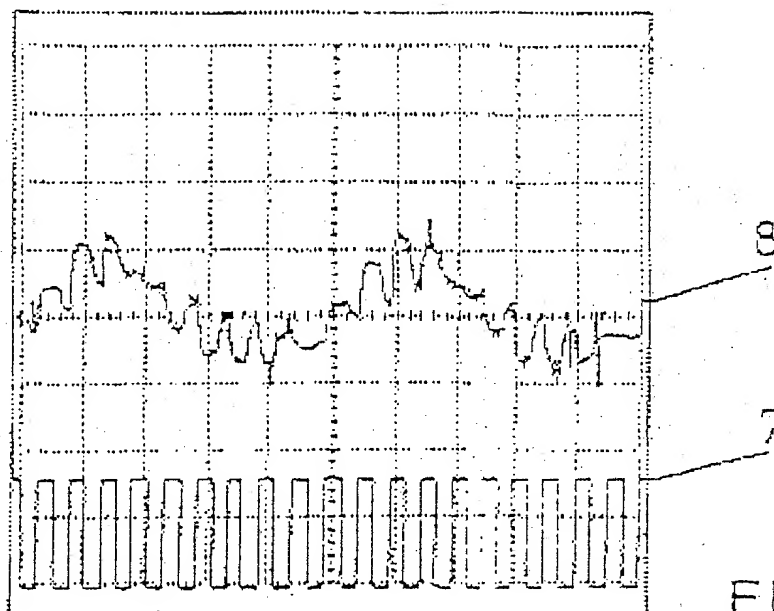


FIG 5

zu große Last  
Der Motor ist außer Trim.

Schrittfrequenz: ca. 200 Hz

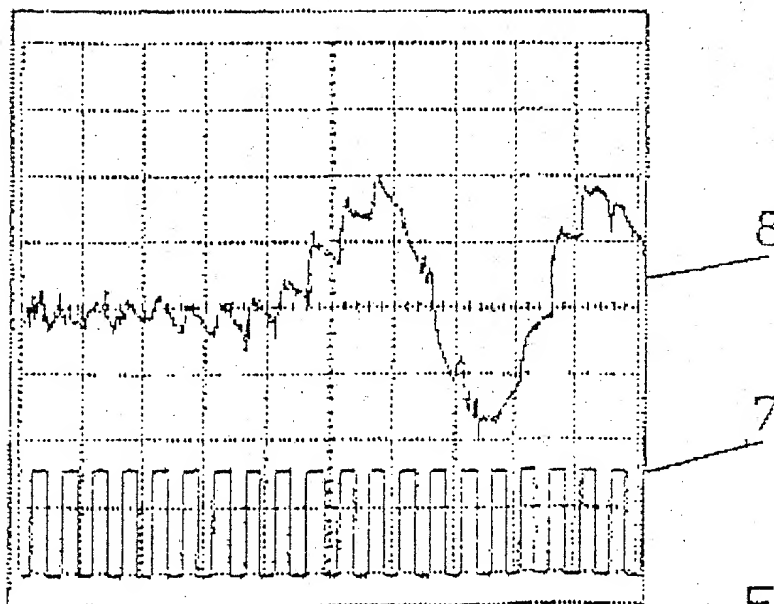


FIG 6

Transiente  
(Der Motor fällt außer Trim.)

Schrittfrequenz: ca. 500 Hz

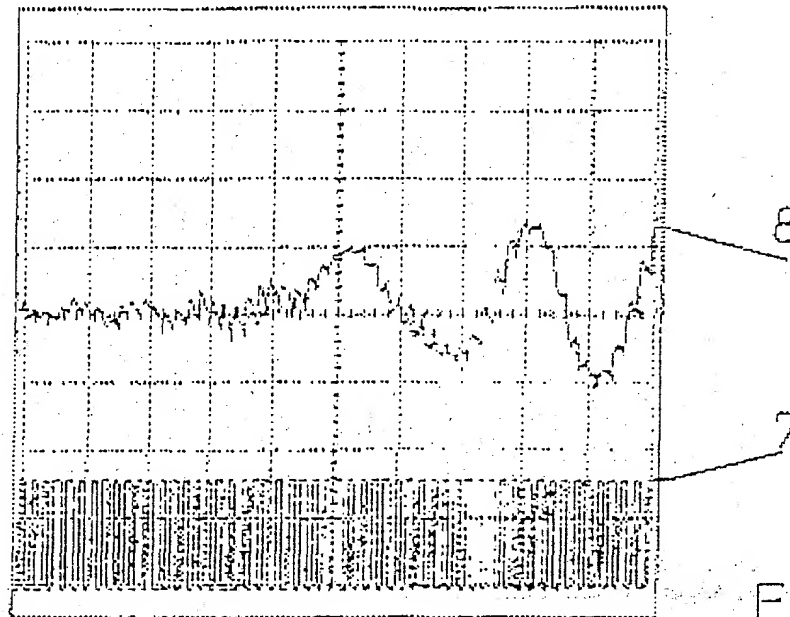


FIG 7

Transiente  
(Der Motor fällt außer Trill)

Schritzfrequenz: ca. 5 kHz